

国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书

张科利 王志强 高晓飞 张卓栋 编著

土壤地理 综合实践教程

Integrated Practice in Soil Geography



科学出版社

“国家基础科学人才培养基金”项目(51103403)资助

国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书

土壤地理综合实践教程

张科利 王志强 高晓飞 张卓栋 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在国家自然科学基金“国家基础科学人才培养基金”的支持下编写的服务于土壤地理学野外实习的专业教程。本书突出土壤地理学教学所注重的实践性、可操作性和创新性等特点,从理论到实践系统讲述土壤地理综合实践过程中需要掌握的原理、方法与技能。

本书适合高等院校地理学专业和资源环境类专业的本科生和研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

土壤地理综合实践教程 / 张科利等编著. — 北京:
科学出版社, 2014. 2

国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书
ISBN 978-7-03-039700-3

I. ①土… II. ①张… III. ①土壤地理学—高等学校
—教材 IV. ①S159

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 020411 号

责任编辑: 许 健 韩 芳

责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2014 年 2 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 291 000

定价: 48.00 元

《国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书》

专家委员会名单

主 任：郑祥民(华东师范大学)

副主任：(按姓氏笔画排序)

王腊春(南京大学)

杨胜天(北京师范大学)

张建明(兰州大学)

曾从盛(福建师范大学)

委 员：(按姓氏笔画排序)

王 辉(华东师范大学)

过仲阳(华东师范大学)

李升峰(南京大学)

李志忠(福建师范大学)

李勋贵(兰州大学)

张文开(福建师范大学)

张兆干(南京大学)

张科利(北京师范大学)

陈松林(福建师范大学)

周立旻(华东师范大学)

周尚意(北京师范大学)

姜红梅(兰州大学)

高 超(南京大学)

程弘毅(兰州大学)

谭利华(北京师范大学)

序

“读万卷书，行万里路”。地学是一门非常注重实践的学科。野外实践教学遵循知识、能力、素质并重的培养模式，重视多学科交叉，是地学人才培养不可或缺的重要环节。选择具有代表性、综合性的典型区域和线路进行野外实习，能加深学生对课堂所学理论知识的理解，使其树立科学的地球观，掌握地理基础知识、基本技能及研究方法，实现注重综合思维、能力训练、创新意识的教学目标，培养具有全球视野、系统性思考、创新意识以及研究性自主学习能力的地学新型人才。

实习基地建设是提高野外实习质量的有力保证。我国地域辽阔，自然环境复杂多变，各地学高校分别根据地域优势，建设有各自特色鲜明的野外基地，开辟了各具特色的实习路线和野外实践教学体系。其中地理学人才培养基地高校因其深厚的历史工作积淀、较强的综合实力以及雄厚的师资队伍，野外实习基地建设走在前列，例如兰州大学西北三大自然过渡带实习基地、南京大学庐山实习基地、北京师范大学华北实习基地、福建师范大学海岸带实习基地和华东师范大学浙江实习基地等均历经数十年的建设，线路选取、实习点设置、实习内容安排等均凝聚了几代教师的心血。尤其是近几年随着国家自然科学基金“国家基础科学人才培养基金能力提高项目（野外实践）”的实施，得到资金保障和政策支持，各野外基地建设明显加快，示范优势不断凸显，已逐步成为具有地域代表性的一流野外实习基地。

为充分利用各地理学国家理科人才培养基地的成熟野外实习基地、

精品实习线路和优秀师资力量,达到资源共享、辐射示范的目的,在国家自然科学基金委员会和教育部的共同支持下,从2009年暑期开始,全国主要地理学人才培养基地自发开展了大规模、跨区域联合野外实习。2009年,首届联合实习在北京拉开帷幕,来自北京师范大学、兰州大学、南京大学、福建师范大学、华东师范大学5个地理学基地的70余名师生共同参加。野外实习穿越了北京、河北、甘肃、青海和内蒙古5个省(自治区、直辖市),学习考察了北京城市空间、河北坝上草原、西北祁连山—河西走廊等,行程近万千米。2010年,第二届跨区域联合实习在福建启动,规模进一步扩大,除首届5个基地外,又邀请了海峡两岸多所高校的师生代表参加。先后进行了福建平潭海岸地貌实习,江西庐山地貌、土壤和植被实习,浙江千岛湖、富春江流域综合自然地理实习,行程近3 000千米。2011年,第三届跨区域联合实习又在北京师范大学和兰州大学启动。跨区域联合野外实习作为地理学人才培养与实践教学改革中的有益尝试和探索,是发挥地理学人才培养基地对外辐射作用的良好契机,取得了良好的示范效果,引起了广大院校师生的关注。

在总结长期野外实习教学经验的基础上,分别由南京大学、兰州大学、福建师范大学、北京师范大学、华东师范大学等几个地理学人才培养基地共同编写,并在科学出版社统一出版了这套《国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书》。该丛书是各基地精品野外实习教学体系的集中展示,凝聚了各基地几代教师的长期教学成果和智慧。这套兼具科学性、实用性和指导性的野外指导系列,注重突出野外实习特色,使学生在理论与实践相结合的实践教学过程中,既能系统掌握地理学的科学理论,又能更好地掌握野外知识、基本工作方法和基本技能,希望能为兄弟院校野外实习教学和地学人才培养提供有价值的借鉴和参考。

《国家理科人才培养基地地理学野外实习丛书》编委会

2011年5月

前 言

土壤是母质、生物、气候、地形和时间等成土因素综合作用的产物。不同成土环境孕育了形态特征各异的土壤类型,土壤形成和发育过程也深刻地烙有自然地理环境特点。正是土壤与其他自然地理要素间紧密的物质和能量交换,使得土壤圈成为地球表面圈层的核心。同时,土壤圈的发展变化也会对其他圈层产生深刻而长远的影响。因此,正确认识和利用土壤对生态环境保护与修复,乃至人类生存环境的守护都至关重要。

地理学是研究地表过程特征及其与人类关系的科学,自然地理学则更注重地表自然环境特征及其分异规律的研究。作为自然地理学知识体系中的重要组成部分,土壤地理学主要研究地表土壤形成过程和地域分异规律。由于土壤圈所处的特殊地位及其与其他自然地理要素的密切联系,土壤地理学最能体现综合性、地域性和关联性等地理学思想精髓。同时,土壤问题又是当今许多环境问题的根源所在,而在研究解决这些环境问题时都会涉及土壤调查。所以,土壤调查及试验技能的培养十分重要。在一定程度上可以说,学好土壤地理学及相关实践技能既是掌握和巩固地理学知识体系和研究方法的关键环节,也是将地理学知识成功应用于社会生产实践的重要内容。

土壤地理学是目前许多高等院校地理学专业和资源环境类专业的基础课程,具有很强的实践性。为了配合专业理论学习,土壤地理学课程都设有相应的野外实习。近几年,在国家“211”、“985”工程建设和“理

科基地”项目等支持下,各院校都加大了实验室和野外实习基地建设,购置了土壤学野外调查和试验设备。在此背景下,土壤地理学野外实习在目标、内容和方式等方面与传统上的野外实习有了很大区别。为了满足新时期土壤地理学野外实习需要,在遵循历史传统的基础上,需要以土壤学理论为指导,重点强化野外调查基本技能和基础数据获取手段的培养,增加常规仪器设备使用方法和数据采集分析技术培养环节。新时期的土壤地理学教学要突出实践性、可操作性和创新性等特点,更需要一本与这一特点相对应的专业教程。在此大背景下,我们组织编写了《土壤地理综合实践教程》一书。

本教程以土壤理论为指导,立足于服务现代社会需求,着眼于学生综合实践技能培养,兼顾知识体系的系统性和技能应用的具体性。涉及内容也可以应用在农业生产、环境保护以及资源利用等领域。本教材强调土壤与环境关系的理念,在实践教学中的实用性更强。本教程写作始终注重贯彻系统性和可操作性特点。

全书共分12章和附录。第一章到第三章内容主要概述土壤、土壤地理学及其在生态建设和环境保护中的应用问题,希望能给学生一个整体视角,也便于实习期间学生在更高层面上回顾和理解所学知识。第四章和第五章详细讲述野外土壤调查过程及涉及的基本技能。第六章讲述土壤制图,交代野外调查资料的应用技能。第七章和第八章讲述调查资料的记录和整理,以及土壤样品的采集、记录规范和要求。第九章讲述土壤调查资料的分析问题。第十章讲述当今主要用于土壤调查的便携式仪器设备的使用方法和技术要求。第十一章主要讲述土壤调查在生态环境问题中的应用,以及土壤调查报告的编写技能和格式要求。第十二章以北京师范大学河北坝上实习基地为例,系统讲述野外调查及资料处理和分析的全部过程,并提供相关背景材料。

全书构架和提纲由张科利拟定,各章编写人员如下:第一、二、三、八、九、十一章由张科利完成,代加兵和郭继成协助了第九章内容整编;

第四、五章由王志强完成;第六章由张卓栋完成;第七、十章由高晓飞完成;第十二章和附录由张科利和马秀共同完成。全书由张科利统稿,张卓栋和高晓飞协助。在本书编写和统稿过程中,作者认真负责,团结协作,保证了书稿质量。殷切希望本书的出版能对地理学野外实践课程起到一定的推动作用。

本书在编写过程中汲取了许多土壤学和地理学界前辈们的知识积累,特别是由赵其国院士等主编的《土壤地理研究法》和美国农业部土壤调查局出版的“*Soil Survey Manual*”对本书的编写帮助很大,在此表示特别感谢!同时也感谢国家自然科学基金“国家基础科学人才培养基金”的支持,没有国家自然科学基金委员会的资助和鞭策,要编写和完成本书会遇到很多困难。

由于土壤本身的复杂性和多变性,土壤野外调查也存在许多不确定性和很难定量的现实问题,加之编者水平和经验有限,编写过程中出现考虑不周甚至错误在所难免,希望全国同行及读者不吝赐教。

张科利

2013年9月于北京师范大学

目 录

■ ■ ■ 序

■ ■ ■ 前言

■ ■ ■ 第一章	土壤地理学总论	1
第一节	地表系统理论及土壤圈	2
第二节	地球表层系统的特征	5
第三节	能量转换与物质循环	6
第四节	地表系统演变过程	12
■ ■ ■ 第二章	土壤的地位与功能	15
第一节	土壤内涵及其表征	15
第二节	土壤在陆地表层系统中心地位	20
第三节	土壤的功能与作用	22
第四节	土壤过程及驱动因子	24
第五节	土壤与现代环境问题	27
■ ■ ■ 第三章	土壤与土壤调查	33
第一节	土壤与成土环境的关系	33
第二节	土壤分布及控制因素	40
第三节	土壤分类系统	42
第四节	土壤调查及关键技术	46

	第四章 土壤诊断与描述	52
	第一节 概述	52
	第二节 土壤环境调查与描述	56
	第三节 土壤发生层的划分	75
	第四节 根系限制层的深度	88
	第五节 近地表土层的描述	89
	第五章 土壤性状调查与描述	93
	第一节 土壤质地与描述	93
	第二节 土壤颜色描述	101
	第三节 土壤结构描述	106
	第四节 土壤裂隙	109
	第五节 土壤内表面特性描述	110
	第六节 土壤新生体描述	112
	第七节 土壤结持性描述	114
	第八节 土壤孔隙和根系描述	118
	第九节 土壤化学性质描述	121
	第六章 土壤制图技术	123
	第一节 土壤图类别	123
	第二节 基础图件及数据	127
	第三节 图例系统及其表征	131
	第四节 土壤图编制及要求	135
	第七章 信息记录与整理	138
	第一节 地理环境信息记录	138
	第二节 土壤剖面信息记录	141
	第三节 土壤性状信息记录	142
	第四节 土壤调查照片	145

 第八章 土壤样品采集与处理	151
第一节 土壤样品代表性问题	151
第二节 分散土壤样品采集	152
第三节 原状土壤样品采集	153
第四节 剖面标本样品采集	153
第五节 特殊用途样品采集	154
  第九章 土壤空间变异性及其解析方法	156
第一节 土壤性质变异尺度及表现特征	156
第二节 土壤变异与制图单元	157
第三节 经典的样本变异度量方法	158
第四节 地学统计	160
第五节 样本设计	170
  第十章 土壤仪器使用手册	174
第一节 原状土取土工具的使用	174
第二节 土钻的使用方法	177
第三节 土壤坚实度仪	180
第四节 土壤剪切力仪	183
第五节 土壤水分速测仪	185
第六节 几种土壤温度测定仪器的使用	190
第七节 双环入渗仪	193
第八节 Hood 入渗仪	195
第九节 张力计的使用	198
第十节 盐度仪(14.01 型)的使用	199
第十一节 简易土壤测定方法	201
  第十一章 土壤调查与区域生态环境	203
第一节 土壤调查与生态环境	203
第二节 土壤调查与资源评价	204

第三节	土壤调查与环境演变	204
第四节	土壤调查资料的整理与总结	206
	第十二章 河北坝上地理环境背景及土壤资源特征	208
第一节	地理位置及环境特征	208
第二节	主要土壤类型及成土过程	211
第三节	不同地貌类型下土壤性质变化	214
第四节	不同坡向土壤性质变化	227
第五节	不同降水条件下土壤性质变化	241
第六节	不同土地利用类型下土壤性质变化	251
	参考文献	260
	附录 土壤地理实习和调查方案	264

第一章

土壤地理学总论

作为以人地关系为主要研究对象的科学,地理学在人类生存和可持续发展中的作用日趋显著。黄秉维等(1999)认为,地理学是面对一个由各种自然现象和社会现象组合而成的复杂地球表层系统,是综合性很强的学科。自然地理学和人文地理学相互影响、相互渗透,构成了地理学整体。自然地理学以地球表层为研究对象。地球表层是具有一定厚度的圈层,由岩石圈、水圈、大气圈、生物圈和土壤圈构成。其中,生物圈和土壤圈是地球表层的核心,各圈层间的相互渗透和相互影响的过程都集中表现在生物圈和土壤圈。各圈层相互影响和相互渗透主要通过能量交换和物质迁移来实现,能量转换强度和物质迁移方式决定了自然地理现象发生异变的过程及其分布格局。从能量转换和物质迁移范围以及自然地理学涉及的研究问题考虑,自然地理学关注的地球表层应该是上至平流层,下至岩石风化物或沉积层最底部的整个范围。自然地理学把构成地球表层的各种因素或圈层联系起来进行综合分析,研究自然环境整体和各组成要素及其相互间的结构、功能、物质迁移、能量转换的动态演变过程和地域分异规律。

随着科学技术的发展和人类活动对自然环境影响程度的加深,自然地理学在深入研究自然地理环境各因素自身规律的同时,更注重面对全人类所面临的人口、资源、环境和发展等一系列重大问题。利用学科自身的综合优势,现代自然地理学已经着力解决资源开发利用、农业生产潜力提高、环境质量评价和预测保护、自然灾害预防与减缓等社会发展中所存在的实际问题。特别是遥感和地理信息系统技术的大量使用,为自然地理学在环境信息获取和分析集成方面提供了有力工具。而海量信息及分析处理的计算机化,使得当今现代地理学在既能把握宏观规律,又能深入探索现象过程的基础上,解决人类社会所面临的重大问题,如全球变化及其影响、土地退化与修复、土地利用变化及其环境效应等。作为各圈层能量交换和物质迁移最为频繁的场所,土壤圈在研究现代自然地理问题或过程中具有重要作用。土壤地理学也是解决当前环境问题中必须

面对的学科之一。

作为自然地理学的一门分支学科(部门地理),土壤地理学以土壤圈为对象,研究土壤圈的结构、功能、演化规律,土壤形成和发展等过程,以及土壤与环境之间的关系。土壤地理学也是自然地理学和土壤学之间的交叉学科,在遵循地理学特点和研究方法的同时,更注重野外调查取样和室内科学实验等土壤学方法。

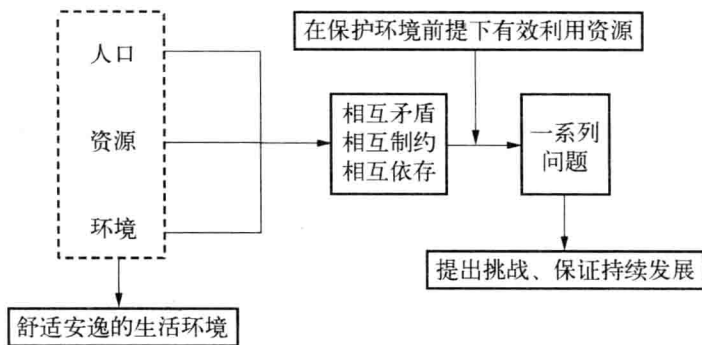


图 1-1 人类社会与自然环境

第一节 地表系统理论及土壤圈

20 世纪 80 年代,为应对全球环境变化带来的挑战,国际科学界酝酿发展了地球系统科学。地球系统科学将地球视作一个整体,将大气圈、岩石圈和生物圈看做一个有机联系的系统,旨在研究地球系统在复杂的相互作用中运转的机制、地球系统变化的规律和控制这些变化的机制,为全球变化研究和预测奠定科学基础(孙九林,2006)。经过 30 多年的发展,地球系统科学在推动地圈生物圈相互作用研究和全球变化集成研究方面发挥了不可替代的重要作用,并在全球变化研究实践中得到了不断地补充和完善。提出和发展地球系统科学的意义,不仅在于为全球重大问题的研究与解决另辟了途径,更重要的是为地理学一系列复杂问题的研究积淀了先进的理念和体系(陈泮勤,2003)。

按照地球系统科学理论与观点,自然地理学研究也应该将地球表层视作一个整体,统一并系统地研究这一系统中各种自然现象的形成、发展和演变过程,以及其间的相互作用和推动力。钱学森在 1983 年就倡议建立“地球表层学”,认为地球表层学应该是跨地理学、气象学、地质学、工农业生产技术、技术经济和国土经济的新学科,是自然科学和社会科学的交叉学科。地球表层系统是由

岩土圈、大气圈、水圈、生物圈和人类圈(智慧圈)所构成的地表自然社会综合体,是人类圈和地圈相互作用的复杂物质系统。地球表层系统处在地球圈层中的特定部位,与其他圈层存在物质能量交换关系,是一个开放的复杂系统。在上述地球系统科学概念中,把地球视作一个整体,系统研究各个组成部分相互影响和相互作用所表现出的总体特征。地球表层系统理解成地球系统中的一个次级系统,构成地球系统的各个圈层在地球表面发生重叠,各圈层间的能量交换和物质迁移在地球表层表现最为活跃。特别是地球表层与人类活动的关系最为密切,在这里各个圈层提供了人类生存所必需的物质基础和环境条件。人类为了更好地生存而不断开发利用自然资源的同时,也给自然环境施加了不同程度的压力,导致了一系列环境问题。为了探索这些问题的发生机制和变化过程,并为其防治提供科学依据,必须立足于各相关要素的理论基础,进行全面系统地分析,这正是建立地球表层系统初衷所在。张猛刚等(2005)对地球表层系统进行过较为系统的阐述。从系统论观点考虑,地球表层系统的概念应该从要素、结构、边界、环境和功能等方面来认识和理解。

一、地球表层系统的要素

系统的要素指那些构成系统的基本单元,其基本特性是基元性。地球表层系统的要素是分圈层的,由大气圈、水圈、生物圈、岩土圈和生命圈组成。地球表层系统就是由上述圈层有机组合形成的系统,它首先不是各个圈层简单的重叠,也不是传统概念中的地表。大气圈、水圈、生物圈、岩土圈和生命圈有机结合为一个整体,表现出一定规律性的整体特征。在研究分析时,可以从各要素入手获取数据,但更重要的是提取各要素相互影响和相互渗透过程中所表现的整体特性。地球表层系统应该是由大气圈、水圈、生物圈、岩土圈和生命圈有机结合为一个整体的称谓。

二、地球表层系统的结构

系统的结构指系统要素之间相对稳定的、有一定规则的联系方式的总和。简单系统的结构可以用状态方程表示。复杂系统,目前是用系统集成的方法来组合。把复杂系统分解成简单系统,分别用状态方程表示,然后再逐步把简单系统集成成为复杂系统。对地球表层系统这种多状态、多层次、多尺度的复杂系统而言,系统集成方法还很难实现。但就物理结构而言,传统意义上的地球表面是地球表层系统的主体,人类圈则是地球表层系统的中心。

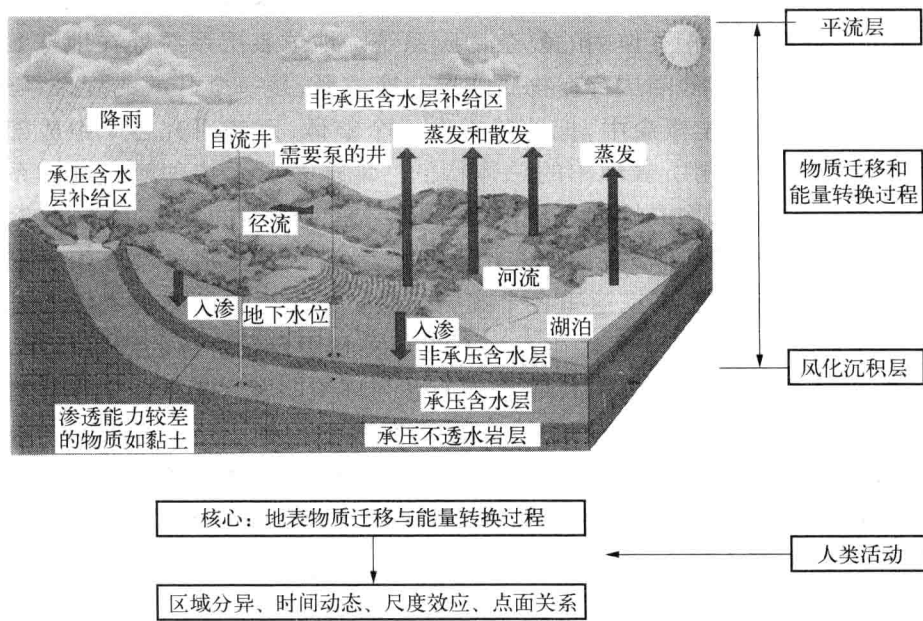


图 1-2 地球表层系统与地理科学问题

资料来源：根据 Millier(1996)修改

三、地球表层系统的边界

系统的边界指把系统与环境分开的某种界限。地球表层系统的界限决定于组成它的圈层的界限,其下限是岩石圈的下限,在地表以下约 60 km;上限就是大气圈的上限,地表以上约 1 200 km。目前人类能到达的最大界限是向下约 12 km,向上到平流层的顶部。而与人类生存关系最为密切的部分应该是对流层到地壳之间的部分。在这个尺度范围内,推动系统运转的能量交换最为频繁,其表现形式的物质迁移最为显著。因此,从与人类生存关系的密切程度以及地理学的研究范畴考虑,地球表层系统的界限是上至平流层,下到岩石风化层或沉积层底部。

四、地球表层系统的环境

系统的环境指一个系统之外的一切事物或系统的总和。地球表层系统的环境分为地表外部环境和地表内部环境。地表外部环境中对地球表层系统影响最大的因素有太阳辐射、行星引潮力和宇宙陨星等。对地球表层系统影响最大的地球内部环境为地核力矩、地幔对流和火山活动等。在地球表层系统的内